

Ж.С.Мусаев¹, А.Жауыт², К.С.Мустапаев¹, Н.Г. Мусин¹, Б.Б.Курмашев¹

¹Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

²Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: m.zhanat@alt.edu.kz

ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰРАМНАН ПАЙДАЛАНУ ЖҮКТЕМЕЛЕРІНІҢ ТЕМІР ЖОЛҒА ӘСЕРІ МӘСЕЛЕСІНЕ

Аңдатпа. Вагондардың осьтік жүктемелерінің 23-тен 25 тоннаға дейін ұлғаюы - жолдың типтік конструкцияларындағы күш, жер төсемінің негізгі алаңындағы кернеулердің артуына себеп болды. Кернеулер тек осьтік жүктемелерге және жылжымалы құрамның жүріс бөліктерінің динамикалық сипаттамаларына ғана емес, сонымен қатар жылжымалы құрамдағы осьтердің орналасуына да байланысты.

Осьтік жүктемелердің артуы және вагондар осінің ұлғаюы жер төсемінің серпімді деформацияларының өсуіне және жолдың жоғарғы құрылымының тұрақтылығын қамтамасыз ететін топырақ қабаттарының пайдалану сапасына байланысты бөлігінде балласт призмасының қалдық деформацияларының белсендірілуіне әкеледі.

Мақалада дәстүрлі осьтік жүктемесі 23,5 тоннадан 27 тоннаға дейінгі төрт осьті жартылай вагондардың әсеріне қатысты кернеудің жоғарылауына талдау жасалды. Жер төсемінің серпімді шөгінділерін азайту және жол құрылымдарын күшейту арқылы ондағы кернеулерді азайту мақсатында жер төсемін күшейту бойынша кейбір ұсыныстар жасалды.

Түйінді сөздер. Теміржол жолы, жылжымалы құрам, осьтік жүктеме, пайдалану жүктемесі, жолдың деформациясы, талдау, ұсыныстар.

Кіріспе.

Үздіксіз өсіп келе жатқан жүк айналымы теміржолдардың тасымалдау және өткізу қабілетін арттыру бойынша бірқатар шараларды қажет етеді. Темір жол көлігі перспективаларының болжамдары темір жолдардағы пайдалану жүктемелерінің ұлғаюы әлі де желі ұзақтығының ұлғаю қарқынын өтейтінін көрсетеді. Демек, желілердің жүк кернеулігінің өсуі сөзсіз. Жолдардың тасымалдау қабілетін арттыруға жолдың 1 м жүктемесін және пойыздардың ұзындығын арттыру арқылы пойыздардың салмағының артуы ықпал етеді.

Жүргізілген зерттеулердің талдауы көрсеткендей, бірінші кезекте вагон паркін жетілдіру керек, яғни оны ауыр жүктермен, соның ішінде сегіз осьті, жартылай вагондармен және 1 м жолға 8-8,5 тонна-күш орташа жүктемесі бар цистерналармен, ал болашақта - осындай жүктемелер мен салмақтарға қол жеткізу үшін 11-12 тонна-күш/м дейінгі жүктемесі бар ұлғайтылған габаритті вагондармен толықтыру қажет 8-10 мың тонна-күшке дейінгі пойыздарда вагондардың осьтік жүктемелерін 27 тонна-күш-ке дейін, тепловоздар мен электровоздарды 27-30 тонна-күш-ке дейін арттыру мүмкіндігі зерттелуде. Жылжымалы құрамның динамикалық сипаттамаларының жоспарланған жақсаруына қарамастан, осьтік жүктемелер мен жүктемелердің 1 м жолға артуы жолға күш әсерінің артуына әкеледі. Өсіп келе жатқан пайдалану жүктемелерін қабылдау үшін жолды күшейту және жол шаруашылығын жетілдіру жоспарлануда.

Жолды күшейту үшін осы және басқа шараларды жүргізу белгілі бір дәрежеде өсіп келе жатқан динамикалық жүктемелердің жер төсеміне теріс әсерін әлсіретеді, бірақ оны толығымен жоймайды. Осылайша, болашақта ұзақ уақыт жұмыс істейтін жер төсемін

нығайтудың өзектілігі артады және бұл мәселенің ауырлығы төмендемейді, әсіресе жолдың жоғарғы құрылымын едәуір күшейту кезінде де максималды жүктеме кернеуі бар желілерде.

Жолдың жұмыс жағдайының көрсеткіштеріне жүктеменің артуының әсерін кешенді талдауды Г.М.Шахунянц берген [1]. Бұл жұмыста жоғарыда аталған осьтік жүктемелері бар жылжымалы құрамның бір реттік әсерлері қазіргі рельстерде, шпалдарда, балластта, жер төсемінде бұзылулар тудырмайтындығы көрсетілген. Бірақ, Г.М.Шахунянцтың пікірінше, жол элементтері материалдарының қалдық деформациялары мен шаршау өзгерістерінің рұқсат етілген шекті мәндері және олардың жинақталу қарқындылығы сақталып қана қоймай, жоғары жүктеме жағдайында ерекше айқындыққа ие болады. Жолдың жоғарғы құрылымының элементтерінде зақымданудың жинақталуының сандық көрсеткіштерін белгілей отырып, Г.М.Шахунянц олардың қызмет ету мерзімі қандай шектерде қысқаруы мүмкін екенін және жолдың ағымдағы күтіміне қандай қосымша шығындар қажет болатынын көрсетті. Сонымен қатар, ол осы элементтердің жұмыс беріктігін арттыру бойынша мүмкін болатын іс-шараларды, атап айтқанда жылжымалы құрамның динамикалық қасиеттерін жақсартуды және теміржол жолының жоғарғы құрылымы мен бүкіл құрылымының элементтерінің беріктігін арттыруды, соның ішінде рельс астындағы Плиталық негіздерді төсеу арқылы атап өтті. Қарастырылып отырған жұмыста жер төсемін нығайту бойынша ұсыныстар берілгеніне қарамастан, жоғарыда айтылғандардан жер төсемінің серпімді шөгінділерін азайту және жол құрылымдарын күшейту арқылы ондағы кернеулерді азайту қажеттілігі туралы қорытынды жасалады.

Материалдар мен тәсілдер.

Инновациялық жылжымалы құрамға арналған вагондардың жүріс бөліктерінің конструкциялары әлі де жетілу сатысында, сондықтан олардың жол конструкцияларына күштік әсерін есептік анықтау одан әрі зерттеуді қажет етеді. Алайда, әртүрлі конструкциялардың жылжымалы құрамын пайдалану тәжірибесі мен тәжірибелі вагондарды сынау нәтижелерін ескере отырып, жер төсеміндегі тік кернеулердің өзгеруі әлі де осьтік жүктемелерге байланысты болады және сол сияқты тереңдікте өзгереді деп болжауға болады, өйткені жол құрылымдары мен жылжымалы құрамның тез түбегейлі қайта құрылуы күтілмейді. Көрсетілген болжамдар мен жер төсегіндегі кернеулерді анықтау нәтижелерін ескере отырып, вагондардың осьтік жүктемелері 23,5-тен 27 тонна-күш-ке дейін көтерілген кезде, шпалдардың төменгі төсегінен 80 және 120 см тереңдіктегі кернеулер кестеде келтірілген шамаларға жетеді деп болжауға болады (1 кесте).

1 кесте

Жартылай вагондар	Қабаттың тереңдігі, см	Кернеулер, кгс/см ² , осьтік жүктеме кезінде, тонна-күш		23,5 тонна-күш осьтік жүктемесі бар төрт осьті жартылай вагондардың әсеріне қатысты кернеулердің артуы
		23,5	27	
Төрт-осьті	80	0,625	0,74	1,19
	120	0,422	0,5	1,19
Алты-осьті	80	0,701	0,83	1,33
	120	0,488	0,58	1,38
Сегіз-осьті	80	0,835	0,99	1,59
	120	0,592	0,7	1,67

Жер төсемінің негізгі алаңының деформацияларының кернеулерге және олардың градиенттеріне тәуелділігі әлі анықталған жоқ, ол тек жалпы түрінде белгілі, сондықтан

балласт қабаты мен сазды топырақтардан жасалған жер төсемінің жоғарғы бөлігінің дизайнына сандық талаптар қою қазіргі уақытта мүмкін емес. Алайда, өнеркәсіптік көлік жолдарында осьтік жүктемелері жоғары вагондарды пайдаланудың оң отандық тәжірибесіне, сондай-ақ шетелдік тәжірибеге (АҚШ, Канада және т.б.) сүйене отырып, қалдық деформациялардың шамадан тыс жиналуын болдырмау үшін белгілі бір шаралар қажет деп айтуға болады.

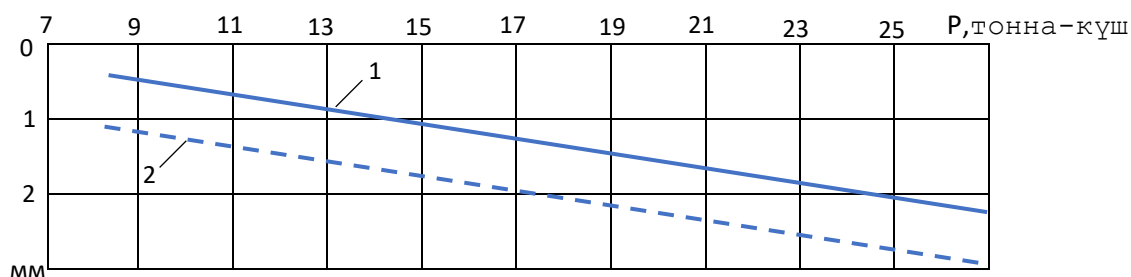
Ұлғайған жүктемелерді қабылдау жолын дайындау кезінде оның тұрақтылығын арттырудың әртүрлі тәсілдері қарастырылуы керек: күрт төмендеу, ал кейбір жағдайларда шұңқырлы деформацияларды (шұңқырлар, көктемгі шөгінділер) толығымен алып тастау; негізгі алаңның топырақтарын нығайту; жолдың жоғарғы құрылымының неғұрлым жетілдірілген конструкцияларына көшу. Әрине, қауіпті деформациялары бар жерлерде (негізгі алаңның балласт ойықтары, беткейлердің ағындары, көшкіндер және т.б.) жер төсемін күрделі жөндеу қажет.

Пойыздар қозғалысында ұзақ үзіліске жол берілмегендіктен, топырақты ауыстыру мүмкіндігі іс жүзінде алынып тасталған қолданыстағы жүк кернеулі теміржолдарда табанның тұрақтылығы деформацияға қарсы жастықшаларды төсеу арқылы артады. Әлбетте, негізгі нұсқалардың ішінде бұл іс-шараны және ұлғайтылған жұмыс жүктемелерін қабылдау жолын дайындау жағдайында қарастырған жөн.

Нәтижелер.

23,5-25 тонна-күш осьтік жүктемелері бар төрт осьті вагондардан вагон паркіне көшу және желілердің жүк кернеулігін бірнеше есе арттыру көктемгі тозуға ұшыраған сазды топырақтардан жер төсемінің жоғарғы бөлігінде дренажды материалдар қабаттарының қалыңдығын 1,2-1,4 м дейін ұлғайту қажеттілігінің басты себептері болып табылады. Осьтік жүктемелерді 27 тонна-күш-ке дейін арттырған кезде бұл мәнді тағы 10-20% арттыруға тура келеді. Бұл жағдай пайдаланылатын жер төсемі конструкцияларының жол салу кезінде жүзеге асырылған конструкциялардан айырмашылықтарын одан әрі тереңдетуге әкеледі.

Төрт-осьті вагондардағы осьтік жүктемелердің артуы серпімді шөгінділердің өсуіне әкеледі, олар 8-25 тонна-күш шегінде жүктемелердің өзгеруіне сызықтық пропорционалды. Бұл вагондардың осьтік жүктемелерін 27 тонна-күш дейін арттыру бұл тәуелділіктің сипатын айтарлықтай өзгертпейді деп болжауға болады. Бұл болжам 25 тонна-күш осьтік жүктемесі бар вагондардың әсерінен жер төсемінің серпімді шөгінділерінің мөлшерін болжауға мүмкіндік береді. Тұнбаның осьтік жүктемелерге белгіленген тәуелділіктерін қолдана отырып және оларға вагон осьтерінің әсерін ескере отырып (1 сурет) осьтік жүктемелер 27 тонна-күш-ке дейін артқан кезде жауын-шашын төрт осьті вагондармен жұмыс істегенде 15-17%-ға және сегізінші вагондармен жұмыс істегенде 35-40%-ға артады деген қорытынды жасауға болады.



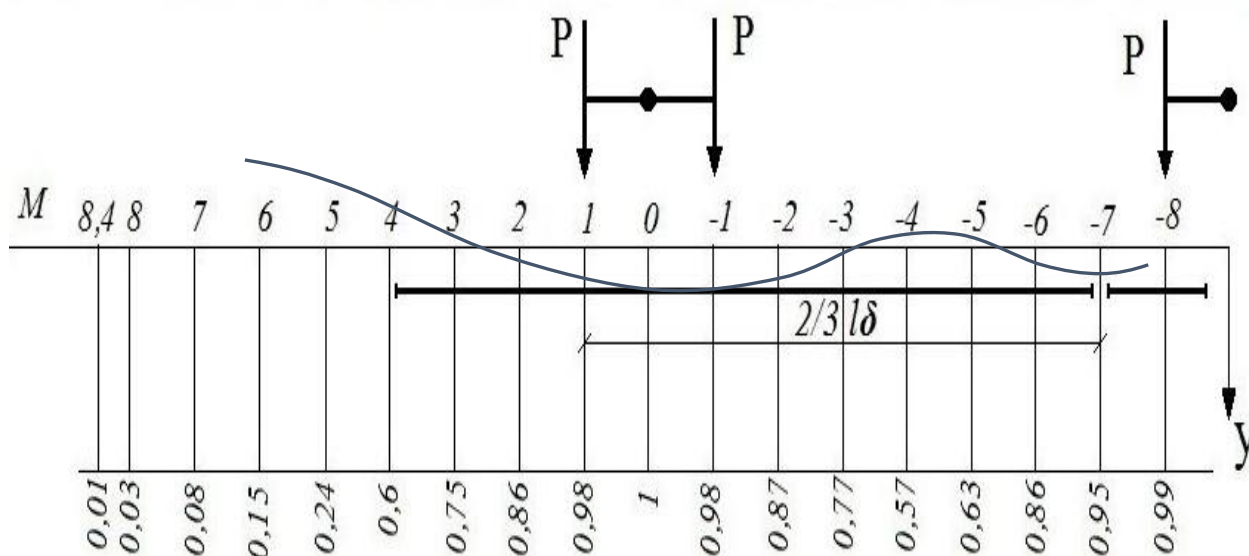
1 сурет - Жер төсемінің серпімді шөгінділерінің осьтік жүктемелерге тәуелділігі
1 – төрт-осьті жартылай вагондардың астында;
2 – сегіз-осьті вагондардың астында

Бұл жағдайда балласт призмасының бүйірлік циклдік қозғалыстарының өсуі (2 сурет) көрсетілген шамалардан біршама асып түседі. Бұл процестің зиянды салдарын жоюға жер төсемі мен жолдың жоғарғы құрылымының мақсатты өзгерістері ықпал етеді. Жолдың жоғарғы құрылымының қолданыстағы конструкциясын негізгі жақсартулар қатарында сақтай отырып, жер төсемінің жоғарғы 2-3 метрлік бөлігіндегі топырақты үлкен серпімділік модулі бар материалдармен (тасты, құмды) ауыстыру, балласттық призманың енін ұлғайту, балласт призмасының бос биіктігін азайту (балласттың шетінен жоғарғы жағына дейінгі қашықтық), берік жыныстардың қиыршық тастарынан балласт материалдарын төсеу деп атаған жөн және т.б. [2].

Теміржолдардың пайдалану сенімділігін арттырудың маңызды резерві жолдың жаңа конструкцияларын, атап айтқанда үздіксіз темірбетон негізімен енгізу болуы мүмкін. Зерттеулердің нәтижелері мен темірбетон негізі бар жолды пайдалану тәжірибесі осы құрылымды одан әрі енгізудің орындылығын көрсетеді, бірақ ірі блокты конструкцияларды, сондай-ақ оларды төсеу және ағымдағы ұстау әдістерін жетілдірген жағдайда. Құрылымдардың едәуір меншікті салмағы және олардың салыстырмалы түрде үлкен сызықтық өлшемдері рельсті шпал жолын ұстаудағы ұқсас жұмыстармен салыстырғанда түзету жұмыстарының күрделілігін арттырады. Бұл жағдай басқалармен қатар маңызды емес, темірбетон конструкцияларымен жол негізінің тұрақтылығына жоғары талаптар қояды. Профильде және жөндеу аралық кезеңдердегі деңгей бойынша темірбетон конструкцияларын түзету қажеттілігін болдырмау үшін жер төсеміне тәуелді бөлікте жоспардағы және профильдегі табан шегіністерінің жинақталу қарқындылығы күрт төмендеп, нөлге жақын болуы керек. Осыған байланысты қолданыстағы талаптардан басқа, жүктемелерді жолдың жоғарғы құрылымынан жер төсеміне беру жағдайларын жақсарту қажеттілігінен туындайтын жаңалары пайда болады.

Талқылау.

Пайдалану тәжірибесі мен зерттеулер көрсеткендей, плиталық блоктар олардың негізінің бүкіл бетімен балласт қабатына тірелмейді және пойыздар қозғалған кезде көлденең оське қатысты бұрылады, нәтижесінде блоктар мен олардың негізі арасында кері соққылар пайда болады. Кері қарсылық мәндері жылжымалы құрамның күш әсерлеріне (осьтік жүктемелер, вагонның конструкциясы), рельс калибрін күтудің мұқияттылығына, темірбетон блоктарының қаттылығы мен өлшемдеріне, жер асты қабатының сығылғыштығына байланысты. Топырақтар 1-1,2 м тереңдікте орналасқан, яғни жеке шпалдардың күш әсері жойылатын жер асты қабаттарының серпімді шөгінділерін өлшеу шөгінділер диаграммасында суретте көрсетілген контурлар бар екенін көрсетті (2 сурет). Осы диаграмманы талдаудан шығатыны, жауын-шашынның ең көп мөлшері арбалардың ауырлық центрлерінің астында болады, жауын-шашын арбаның бірінші осінен 7-8 м қашықтыққа дейін, ал арбалар арасындағы қашықтыққа дейін созылады. 5-8 м арбалар, жылжымалы қондырғылардың ортасының астындағы шөгінділер жоғалмайды және максимумның 50-60% дейін мәні болуы мүмкін. Серпімді іргетас төсемдер диаграммасының сұлбасы серпімді іргетаста орналасқан шекті ұзындықтағы арқалықтардың жүктемелері кезіндегі ауытқулар диаграммасынан ерекшеленеді және бұл салыстырмалы түрде қатты темірбетон плиталары мен олардың іргетасының арасындағы кері шегіністердің пайда болуын сөзсіз етеді.



2 сурет - P жүктемелеріндегі жер асты қабатының бойлық қимасындағы серпімді шөгінділердің диаграммасы (y – салыстырмалы деформациялар)

Жылжымалы жүктемелердің түрлерін ескере отырып, блоктардың ұзындығын және олардың қаттылық сипаттамаларын таңдау ойын өлшемдерін қажетті минимумға дейін төмендетуі мүмкін. Әлбетте, қысқа блоктарда (0,5-1 м) темірбетон негізі жер төсемі мен балласт қабатының орын ауыстыруынан (шөгінділерінен) кейін айтарлықтай ойынсыз шөгуі мүмкін. Блоктардың ұзындығы 4-6 м және олардың қаттылығы жоғары, берілген диаграммаға сәйкес тұнба (2 сурет) ойын маңызды болады. Блоктардың ұзындығын одан әрі ұлғайту, олардың қаттылығын сақтай отырып, әрине, ойын шамаларының төмендеуіне әкеледі, өйткені жер төсемінің жауын-шашыны жол бойында біркелкі болады. Әрине, блоктардың ұзындығы қалағаныңызша үлкен болуы мүмкін емес. Поездық жүктемелер астындағы жер төсемінің серпімді деформацияларын және тік және көлбеу (соның ішінде көлденең) жүктемелерді қабылдайтын құрылыстарды салу тәжірибесін бақылау деректерін басшылыққа ала отырып, ойынды едәуір азайту үшін блоктардың ұзындығын таңдау керек деп болжауға болады L_6 блок бір уақытта екі жүктемеден (арбадан) аз қабылдайтындай етіп, ал егер ол тек қана әрекет етсе бір жүктеме, содан кейін ол блоктың ұзындығының орта үштен біріне орналастырылуы керек (2 сурет). Бұл шарт арақатынасқа әкеледі:

$$2L_6/3 \geq L_6, \quad (1)$$

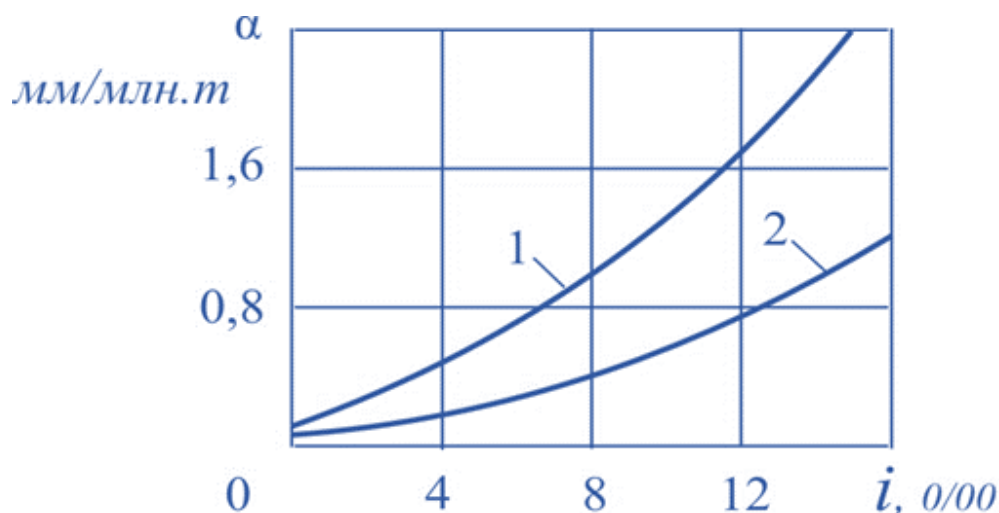
мұндағы L_6 – есеп айырысу жылжымалы бөлімшесінің негізі.

Жылжымалы құрамның заманауи түрлерімен көрсетілген қатынасты қанағаттандыратын блоктардың ұзындығы шамамен 12-15 м болуы керек, бұл оларды төсеу жұмыстарын айтарлықтай қиындатады. Әлбетте, басқа шешімдер мүмкін, бірақ олар төсеніш қабатының серпімді деформациясын ескеруі керек [3].

Темірбетон негізі бар жолдың құрылымы мен мазмұнының маңызды ерекшелігі - жер төсемінің топырақтарының толып кетуімен бірге қатып қалуға байланысты болатын плиталардың маусымдық қозғалысын азайту қажеттілікті болып көрінеді. Зерттеулер көрсеткендей, темірбетон плиталарының маусымдық деформацияларының мөлшерін балласт призмасының дизайнын өзгерту және жоғарғы құрылымда жылу оқшаулағыш материалдарды қолдану арқылы азайтуға болады, бірақ ең тиімдісі жер төсемінің

жиналуын азайтуға мүмкіндік беретін дренажды топырақты ішінара ауыстыру болды. Жалпы сәулелену шамаларының өзгеруі топырақты ауыстыру тереңдігіне пропорционалды емес, тереңдіктегі сәулелену қарқындылығының белгілі үшбұрышты пішініне сәйкес болды.

Сонымен, тек балласт қабатының бұзылуына және қалдық деформациялардың жиналуына байланысты (3-сурет) жолды тегістеу үшін үлкен қосымша еңбек шығындары қажет, олар орташа есеппен ағаш және темірбетон шпалдармен жолға сәйкесінше 20 және 75% құрауы мүмкін (толқын тәрізді соққылардың 2‰ көлбеуімен).



1-темірбетон шпалдар; 2-ағаш шпалдар

3 сурет - Балласт (а) қалдық деформациялардың жинақталу қарқындылығының i % бұзушылықтардың көлбеуіне тәуелділігі

Қорытындылар.

Қарастырылып отырған проблемамен байланысты жол мен жылжымалы құрамның өзара іс-қимылы саласындағы техникалық прогрестің негізгі бағыттары мыналар болып табылады: жолдың жоғарғы құрылысының қазіргі заманғы типтерін енгізу және жоғары пайдалану төзімділігіне ие жаңаларын әзірлеу; жолдың жоғарғы құрылысын желілердің негізгі пайдалану көрсеткіштеріне (жүк кернеулігі, жүктеме, қозғалыс жылдамдығы) сәйкестендіру; жұмыстың ең жоғары мүмкін көлемін көшіру жоспарлы жөндеу жүргізу кезеңдеріне рельстердің қажетті жай күйін қамтамасыз ету бойынша; темір жолдың тұрақты құрылыстарын - жер төсемі мен жасанды құрылыстарды күшейту.

Жоғарыда айтылғандар жылжымалы құрамның жаңа перспективалық түрлерін және айналымдағы жүктемелерге сәйкес келетін жолдың жоғарғы құрылымының күшейтілген конструкцияларын енгізу осы тік жүктемесі жоғары жылжымалы құрамның айналым перспективасын ескере отырып, жер төсемін уақтылы күшейту қажеттілігін тудыратынын көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. Учебник для студентов и аспирантов вузов железнодорожного транспорта. - Москва: Транспорт, 1987. - 479 с.

[2] Шапетько, К. В. Исследования накопления деформаций железнодорожного пути на участке испытаний вагонов с осевой нагрузкой 27 тс / К. В. Шапетько // – 2017. – Т. 76. – № 4. – С. 238-242.

[3] Мусаев Ж.С. и др. К вопросу расчета угона пути тяжеловесными поездами/ Вестник КазАТК, 2018, №4 (107), с. 60 – 65.

Zhanat Musaev, doctor of technical sciences, professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, m.zhanat@alt.edu.kz

Algazy Zhauyt, PhD, associate professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, a.zhauyt@aes.kz

Koldasbay Mustapaev, senior lecturer, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, k.mustapaev@alt.edu.kz

Nurlan Musin, assistant teacher, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, n.musin@alt.edu.kz

Baurzhan Kurmashev, senior lecturer, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, b.kurmashev@alt.edu.kz

ON THE ISSUE OF THE IMPACT OF OPERATIONAL LOADS FROM ROLLING STOCK ON THE RAILWAY TRACK

Abstract. An increase in the axial loads of wagons from 23 to 25 tc with standard track designs caused an increase in stresses on the main platform of the roadbed. The stresses depend not only on the axial loads and dynamic characteristics of the running gear of the rolling stock, but also on the arrangement of the axles in the rolling stock.

An increase in axial loads and an increase in the axle capacity of wagons leads to an increase in elastic deformations of the roadbed and activation of residual deformations of the ballast prism in part depending on the operational qualities of the soil layers that ensure the stability of the upper structure of the track.

The article analyzes the increase in stresses relative to the impact of four-axle gondola cars with a traditional axial load of 23.5 tc to 27 tc. Some recommendations have been developed to strengthen the roadbed, in order to reduce the elastic sediments of the roadbed and reduce the stresses arising in it by strengthening the track structures.

Keywords. Railway track, rolling stock, axial load, operational load, track deformation, analysis, recommendations

Жанат Мусаев, д.т.н., профессор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, m.zhanat@alt.edu.kz

Алғазы Жауыт, PhD, ассоциированный профессор, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, a.zhauyt@aes.kz

Колдасбай Мустапаев, сеньор-лектор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, k.mustapaev@alt.edu.kz

Нурлан Мусин, ассистент-преподаватель, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, n.musin@alt.edu.kz

Бауржан Курмашев, сеньор-лектор, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, b.kurmashev@alt.edu.kz

К ВОПРОСУ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК ОТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

Аннотация. Увеличение осевых нагрузок вагонов с 23 до 25 тс при типовых конструкциях пути, вызвало повышение напряжений на основной площадке земляного

полотна. Напряжения зависят не только от осевых нагрузок и динамических характеристик ходовых частей подвижного состава, но и от расстановки осей в подвижном составе.

Повышение осевых нагрузок и увеличение осевых вагонов ведет к возрастанию упругих деформаций земляного полотна и активизации остаточных деформаций балластной призмы в части, зависящей от эксплуатационных качеств грунтовых слоев, обеспечивающих стабильность верхнего строения пути.

В статье выполнен анализ увеличения напряжений относительно воздействия четырехосных полувагонов с традиционной осевой нагрузкой 23,5 тс до 27 тс. Разработаны некоторые рекомендации по усилению земляного полотна, с целью уменьшения упругих осадок земляного полотна и снижения возникающих в нем напряжений за счет усиления конструкций пути.

Ключевые слова. Железнодорожный путь, подвижной состав, осевая нагрузка, эксплуатационная нагрузка, деформация пути, анализ, рекомендации.
